



TITLE:

Temporal dynamics of resistance in an exotic plant  
*Solidago altissima*: geographic variation of plant-herbivore  
interactions in native and invaded range( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Sakata, Yuzu

---

CITATION:

Sakata, Yuzu. Temporal dynamics of resistance in an exotic plant *Solidago altissima*: geographic variation of plant-herbivore interactions in native and invaded range. 京都大学, 2016, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2016-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19529>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開

( 続紙 1 )

京都大学	博 士（理 学）	氏名	坂田 ゆず
論文題目	Temporal dynamics of resistance in an exotic plant <i>Solidago altissima</i> : geographic variation of plant-herbivore interactions in native and invasive range (外来植物セイタカアワダチソウの抵抗性の時間的な動態：原産地と侵入地における植物-植食者相互作用の地理的変異)		
(論文内容の要旨)			
<p>環境要因の地理的な違いに応じて、生物間の相互作用は変化するため、生物の形質に対して同種の集団間で異なる選択圧が働き、多様な形質が進化する。外来生物は、侵入の歴史が分かっている場合が多いため、侵入後の形質の進化を追跡できる理想的な材料である。</p> <p>本論文では、北米から日本に100年前に侵入し、全国に分布しているセイタカアワダチソウ（以下、セイタカ）と、北米から日本に15年前に侵入し、セイタカに重度な食害をもたらしているアワダチソウグンバイ（以下、グンバイ）を材料に用いた。本研究の目的は、（１）セイタカのグンバイへの抵抗性の進化の時間的な動態と（２）抵抗性の変異を生み出すグンバイの密度を決める環境要因を明らかにすることである。このため、次の3つの課題に取り組んだ。（１）2種類の中立遺伝マーカーを用いた、日米のセイタカの集団遺伝学的解析によるセイタカの侵入の歴史の解明、（２）グンバイの定着年数が日本において地理的に異なることに注目した、日本でのグンバイの侵入によるセイタカの表現型分化の解明、（３）日米におけるグンバイの密度とセイタカの抵抗性の地理的変異、日米間のグンバイの密度を決める要因の解明。</p> <p>まず、日本では集団の68%は遺伝的に均一であり、北米南東部の集団が最も近縁であることが示された。さらに、北米と同様に日本の集団は、高い遺伝的多様性を維持していた。以上の結果により、限られた起源集団から多くの個体の複数回の侵入があり、日本国内の遺伝子流動によって集団内の高い遺伝的多様性が保持されていることが考えられた。次に、グンバイの定着年数が異なる集団間において、共通圃場実験によるセイタカの抵抗性の測定に基づく表現型レベルでの集団間の遺伝的分化度 (<math>Q_{st}</math>) を求め、自然選択に中立なDNAマーカーを用いた集団間の遺伝的分化度 (<math>F_{st}</math>) との比較を行った。その結果、定着年数が長い集団ほどグンバイに対する抵抗性が高いことが示された。この形質の分化は、遺伝的浮動のみでは説明できず、セイタカの集団間でのグンバイの定着年数による方向性選択の結果であると考えられた。</p> <p>最後に、両地域において、グンバイの密度が高い集団では、セイタカの抵抗性が高く、日本の起源集団である北米南部のセイタカでも高い抵抗性が見られた。また、年間平均気温が高く、他の植食者による葉食害が小さいほどグンバイの密度が高かった。北米では、多様な分類群の植食性昆虫が見られた一方で、日本では植食性昆虫の種数は少ないが、グンバイの密度は高かった。以上の結果により、セイタカは日本に侵入することでグンバイから解放され、抵抗性が一旦は低下したが、侵入地におけるグンバイとの再会による強い選択圧によって再び上昇したという時間的な動態が示された。また、日本では、北米に比べて気候条件が好適で、グンバイの競争者となる葉食者が少ないことにより、侵入地におけるグンバイの密度が増加し選択圧が強くなり、短期間の内にセイタカの抵抗性が上昇したことが示唆された。本研究は、侵入地において、どのような物理・生物的要因の新たな組み合わせが生じることで、原産地と違った植物-昆虫の相互作用が生み出され、植物がどのように進化するかについて理解する上で、重要な知見となると考えられる。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

外来生物は生態系を大きく改変するため、生物多様性の観点から保全生態学において大きな注目を集めてきた。一方、侵入先で新たな環境との相互作用により、形質の急速な進化が生じることがあり、生物進化の理解のための優れた研究対象でもある。しかし、短期間での形質進化の動態を明らかにした研究はほとんどない。

本学位論文は、100年前に北米から日本に帰化したセイタカアワダチソウ（以下、セイタカ）が、10年前に北米から侵入したアワダチソウグンバイ（以下、グンバイ）の食害により、それに対する抵抗性を急速に進化させたことを、日米両国でのセイタカの野外集団と植食者群集の調査、圃場を使った相互移植実験、遺伝マーカーを用いた集団遺伝学的解析によって明らかにしたものである。

本研究で得られた結果は次のようにまとめられる。日本におけるグンバイの食害率はグンバイの定着年数が長い集団ほど低下した。共通圃場実験の結果、セイタカの葉数やサイズに違いはなかったが、グンバイの定着年数が長い集団ほど抵抗性が増大し、さらにグンバイによる食害環境下では花数やライゾームの量が増加した。DNAマーカーによる解析から、防衛・繁殖形質の集団間で見られた表現型分化は、局所環境に対する方向性選択によるものであると示唆された。日米のセイタカの抵抗性の比較から、北米に比べてグンバイがまだ侵入していない地域の日本のセイタカの抵抗性は低い、すでに侵入している地域のセイタカの抵抗性は北米のそれと違いはなかった。さらに、グンバイと昆虫群集の日米間の比較調査から、日本に比べて北米では植食性昆虫の種多様度は高いが密度は低いこと、北米のグンバイの密度は気温とともに増加すること、グンバイの密度が高い北米の集団ではセイタカの抵抗性が高くグンバイの個体群成長率が低いこと、が明らかになった。さらに、日本に侵入したセイタカの起源を推定するために、日米の集団を対象に中立遺伝マーカーを用いた解析を行なったところ、日本のセイタカは北米南東部の集団に起源すること、日本には複数回の侵入が起こったこと、侵入後の遺伝子流動によって遺伝的多様性が維持されていることがわかった。

外来の植物と昆虫の相互作用系は、侵入先での新たな相互作用を介した形質進化を解明できる理想的なシステムである。これまで、外来植物は侵入地では原産地の植食者による淘汰圧から解放されるために、それに対する抵抗性が低下し（天敵解放仮説）、侵入先の植物に対する競争能力が高まる（競争能力増大仮説）と考える有力な仮説が提唱されており、多くの外来植物を用いた仮説の検証が行なわれてきた。本研究はその仮説をさらに発展させて、「侵入先において抵抗性が低下した外来植物が原産地の植食者と出会うことで、再び抵抗性を急速に進化させる」ことを提唱した点で高く評価される。原産地の植食者が植物に続いて同じ地域に侵入することはしばしば報告されており、これは本研究が明らかにした、「外来植物の抵抗性の急速な回復」という進化動態の一般性を示唆している。さらに、野外調査、共通圃場実験、遺伝マーカーによる遺伝解析という複合アプローチが、外来生物の原産地と侵入地での比較研究に大きな威力を発揮することを示し、今後の生物侵入の研究アプローチに先鞭をつけた。一方、外来植物は侵入地で雑草化という深刻な問題を生じさせており、これに対して、原産地の植食者を人為的に導入する生物的防除が一般的に行なわれている。このような雑草防除という生態系管理には、生物進化の観点が不可欠であることを明確に示した点は高く評価できよう。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成28年1月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。